Conferencia ATEGRUS sobre Tratamiento Biológico de Residuos y Valorización de Residuos de la Industria Agroalimentaria



Valencia, 30-31 mayo 2007

"El COMPOSTAJE SOLAR: COMBINACIÓN de ENERGÍA SOLAR DIRECTA y TRATAMIENTO BIOLÓGICO"

Estrada de Luis, Inés Belén
bestrada@bpeninsular.com

Gómez Palacios, José María
jmgomez@bpeninsular.com



Biomasa Peninsular

VISIT…

LANZAROTE

Caliente.COM

“EL COMPOSTAJE SOLAR: COMBINACIÓN DE ENERGÍA SOLAR DIRECTA Y TRATAMIENTO BIOLÓGICO”

ÍNDICE

1. **PROBLEMÁTICA DE LOS LODOS DE DEPURACIÓN EN ESPAÑA Y LA U.E.**
2. **CARACTERÍSTICAS GENERALES del PROCESO de COMPOSTAJE SOLAR**
3. **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**
   - **3.1. Descripción general del proceso**
   - **3.2. Objetivos y ventajas del proceso**
   - **3.3. Automatización y control del proceso**
4. **POSIBLES PROBLEMAS que PUEDEN SURGIR**
5. **USO DEL PRODUCTO FINAL: LODO SECO O COMPOST**
6. **INNOVACIÓN del PROCESO**

REFERENCIAS

1. PROBLEMÁTICA DE LOS LODOS DE DEPURACIÓN EN ESPAÑA Y LA U.E.

La producción de lodos procedentes del tratamiento de plantas depuradoras ha aumentado muy notablemente en las últimas décadas. Se estima una producción de lodo por persona de 200 g/día, y necesariamente debe de ser tratado. En el año 2000, las ciudades europeas y la industria (EU-15) produjeron 25 millones de t/año (unos 9 millones de t/año de materia seca).

En la *Tabla 1* se puede ver la estimación de la generación de lodos por Comunidades Autónomas que ha hecho el Ministerio de Medio Ambiente.

Comunidad Autónoma	Toneladas materia seca/año
Andalucía	312.500
Aragón	41.000
Asturias	36.000
Canarias	54.000
Cantabria	18.000
Castilla y León	81.000
Castilla-La Mancha	56.000
Cataluña	200.000
Ceuta	1.200
Comunidad Valenciana	130.000
Extremadura	36.000
Galicia	90.000
Islas Baleares	29.000
La Rioja	8.000
Madrid	342.862
Melilla	1.100
Murcia	37.000
Navarra	11.314
País Vasco	63.000
Total España	**1.547.976**

Tabla 1: Estimación de la generación de lodos por Comunidades Autónomas (31/12/2005)

La aplicación de las Directivas de aguas, especialmente la Directiva 91/271/CE sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas, obliga a tratar todas las aguas residuales procedentes de municipios de tal forma que el 31 de diciembre de 2.005 a más tardar, las aguas residuales urbanas que entren en los sistemas colectores sean objeto de un tratamiento adecuado antes de su vertido, en los siguientes casos: por un lado cuando

procedan de aglomeraciones urbanas menores de 2.000 habitantes equivalentes y se viertan en aguas dulces y estuarios, y por otro lado cuando procedan de aglomeraciones urbanas menores de 10.000 habitantes equivalentes y se viertan en aguas costeras.

Esta ha sido la causa del gran aumento de la producción de lodos en los Estados Miembros. Los datos del pronóstico para 2.010 estiman que la producción de lodos de aguas residuales urbanas alcanzará 35 millones de t/año. Debemos considerar además el lodo de las plantas de tratamiento del agua potable, el lodo de las industrias de fabricación de pasta y papel y las industrias agro-alimentarias que contribuirán al aumento de la cantidad de lodo producido en EU-15 que se estima será de unos 50 millones de t/año para el 2.010.

El lodo es un compuesto complejo por varias razones, entre otras:

- El lodo tiene un alto contenido en agua (generalmente en torno al 75%) lo que hace que sea difícil de gestionar, y con un complejo almacenamiento, transporte y tratamiento.

- Las alternativas de utilización disponibles son bastante limitadas: aplicación directa en agricultura, disposición en vertedero e incineración (con producción energética). Previo a su utilización generalmente se realiza estabilización alcalina, compostaje o deshidratación, para conseguir la disminución del contenido de humedad del lodo, con los objetivos de reducir el volumen y mejorar las características higiénicas del producto para que sea posible la utilización final.

- Hay un consenso técnico y político que indica que la mejor opción sostenible para el lodo es una aplicación segura al suelo para conseguir el reciclaje de los compuestos minerales y orgánicos, pero muchos países tiene la prohibición ya legislada o la reducción de la aplicación de lodos al suelo (Suecia, Luxemburgo, Bélgica-Flandes, Países Bajos y Suiza). El uso beneficioso y seguro se puede garantizar con los programas de control de vertidos y contaminantes en origen, además de los tratamientos adecuados; y respetar los Códigos de Buenas Prácticas Agrarias. A favor de esta opción está el considerar el contenido en fósforo y en materia orgánica, componentes que la mayoría de los suelos cultivados no tienen. También puede evitar soluciones más costosas tales como vertedero o incineración.

- Para garantizar el reciclaje del lodo, optimizando la protección del suelo, la DG de Medio Ambiente de la Comisión europea, está promoviendo la publicación de una

nueva directiva para reformar y poner al día la actual Directiva 86/278/CE relativa a la protección del Medio Ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura (transpuesta a la legislación española por el Real Decreto 1310/1.990 de utilización de lodos de depuradora en agricultura.

El proyecto de directiva antedicho apunta a optimizar el reciclaje del lodo y reducir sus inconvenientes de uso:

a) Fijando metas en calidad química y biológica (límites a los metales pesados, a los contaminantes orgánicos y a los microorganismos patógenos), estableciendo claramente la obligatoriedad del tratamiento previo y las características necesarias en los lodos tratados.

b) Definiendo tratamientos homologados y condicionando en consecuencia el uso de cada tipo de lodo.

c) Definiendo las formas y condiciones de uso agronómico de cada tipo de lodo.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE SOLAR

El compostaje solar es un nuevo proceso, altamente automatizado, con fácil instalación y funcionamiento, y con bajos requerimientos de inversión así como bajos costes de operación. Combina diferentes efectos físicos, químicos y biológicos para lograr resultados uniformes en la estabilización e higienización de los residuos orgánicos frescos, concretamente lodo de depuradora de aguas residuales.

De cierta manera, este proceso se planteó inicialmente por investigadores de la Universidad alemana de Hohenheim, como un proceso de secado natural con cierto grado de ayudas mecánicas, pero lo cierto es que se ha comprobado que al efecto de secado se añade un efecto notable de estabilización e higienización, prácticamente equiparable a un compostaje convencional.

El principal factor y el efecto determinante del proceso es conseguir el máximo aprovechamiento de la radiación solar directa, que pasa a través del techo del invernadero para alcanzar el lecho del lodo a compostar. Este efecto se combina con el efecto propio del compostaje que consiste en una “degradación de la materia orgánica de forma biológica aerobia y exotérmica”, realizada por los microorganismos y por la intensiva

ventilación producida por el “topo eléctrico” que remueve, mezcla y airea la superficie del lodo a compostar.

En la *Figura 1* se muestra una imagen del “topo eléctrico”.



Figura 1. Topo eléctrico

Otra característica singular de este proceso es la reducción de la profundidad de la capa del lodo a compostar, para facilitar el efecto de la radiación solar y la aireación del lodo con mínimas necesidades de energía mecánica. Dado que la energía solar es un elemento clave en este nuevo sistema para el tratamiento de los lodos – en este caso procedentes del tratamiento de aguas residuales urbanas – los parámetros operativos dependerán en cierta medida de la climatología de cada lugar de implantación.

Existirá por tanto una curva característica de secado para cada una de las implantaciones, cuyo principal parámetro definitorio será el ratio de evaporación mensual, Kg/m^2 y mes, que de forma acumulada se resumirá en un ratio anual Kg/m^2 y año, sirviendo ambos para el dimensionamiento de la capacidad de tratamiento y el tamaño de cada instalación.

Por otra parte y para compensar al menos parcialmente la estacionalidad del proceso es posible e interesante utilizar fuentes de calor residual que estén disponibles en forma de aire caliente, siendo especialmente conveniente el uso de esta fuente suplementaria en los meses de climatología más desfavorable. De esta forma se conseguiría reducir el dimensionamiento y la inversión necesaria.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

3.1. Descripción general del proceso

Los efectos de calentamiento y secado de la radiación solar en el lodo son realzados por las frecuentes aireaciones del lodo con el "topo eléctrico", funcionando continuamente a través de la superficie del lecho que sigue una pauta predeterminada, controlada por el PLC y el software, según los parámetros que cambian de la operación (los ciclos del día y de la noche, temperatura del aire externa e interna, humedad relativa del aire del invernadero, los ciclos de ventilación, etc.).

Hay un efecto adicional de higienización debido a la radiación solar UV en la superficie del lodo. La temperatura del aire dentro del invernadero puede alcanzar por ejemplo en Córdoba, valores entre 35 y 60º C, lo que ayuda a mantener una temperatura mesófila (30-40º C) en el lodo a compostar. La temperatura del lodo cuando viene de la EDAR o planta de tratamiento de aguas residuales oscila entre 30-35º C.

También se pueden activar los procesos de la estabilización e higienización mediante la adición al lodo a compostar de diversos productos:

a) Agentes alcalinos (óxido de calcio) que provocan una reacción química exotérmica y una doble oxidación acelerada de la materia orgánica.

b) Biomasa (paja de cereal, serrín, residuos verdes molidos, etc.) que produce un efecto doble: por una parte funciona como agente bulking, mejorando la circulación de aire a través del lecho en compostaje y por otro lado optimizando la relación C/N para mejorar la acción microbiana durante el compostaje.



Figura 2. Instalación de compostaje solar

3.2. Objetivos y ventajas del proceso

1. Reducción del contenido de agua en el producto final, compost, debido al mantenimiento de una temperatura mesófila en el proceso, a la radiación solar y al sistema de ventilación.

2. Reducción del volumen final del compost a manejar (por un factor 4/1) debido a las pérdidas de agua y a la destrucción de la materia orgánica volátil.

3. Higienización y destrucción de patógenos gracias a la combinación del efecto del tiempo, la temperatura, la aireación, el oxígeno, la radiación solar y los procesos biológicos durante el proceso de compostaje (competición, antibiosis, etc.).

4. Reducción de olores en el compost debido al proceso de estabilización aerobia y a la reducción del potencial de fermentación.

5. Reducción del espesor de la capa de lodo a compostar, lo que favorece el efecto de la radiación solar, la evaporación de agua y la reducción de energía mecánica necesaria para facilitar los volteos y la aireación del lodo.

6. Proceso altamente automatizado realizado por el “topo eléctrico”, evitando pesados equipos de volteo, consumo de combustible y trabajo humano en tareas molestas.

7. Esta tecnología es altamente interesante para el tratamiento del lodo así como para otras materias orgánicas residuales frescas y subproductos, y es útil para reducir por un lado la inversión y los costes de operación, y por otro el consumo de los recursos renovables, ayudando a reducir al mínimo las consecuencias para el medio ambiente del proceso.

3.3. Automatización y control del proceso

Para poder optimizar el proceso y garantizar la calidad del producto se realizan las siguientes actividades de automatización y control:

a) Estación de control meteorológico e interna: los parámetros de proceso que serán considerados son parámetros meteorológicos externos (humedad relativa, temperatura y radiación solar); parámetros internos de la atmósfera (humedad relativa, tasas de la renovación de la temperatura, del aire); y parámetros en el

lecho en compostaje (temperatura, oxígeno). Sin estos datos, el compostaje no podría ser realizado.

b) En conexión con las estaciones de control meteorológico e interna, se acoplará un PLC para la automatización y el sistema de control, que es gobernada por un software específico.

c) Seguimiento y control de los parámetros del proceso por el software y comandos automáticos de operación de la instalación (funcionamiento del topo, ventilación, renovación del aire, etc...)

Es posible regular los parámetros de operación orientados a dos objetivos alternativos:

- función secado, primando el proceso de evaporación sobre el de estabilización
- función compostaje, primando el proceso de estabilización sobre el de evaporación



Figura 3. Trampillas de ventilación



Figura 4. Renovación aire c/ ventiladores

4. POSIBLES PROBLEMAS QUE PUEDEN SURGIR Y SU SOLUCIÓN

Pueden surgir los problemas inherentes a todos los automatismos:

1. Necesidad de supervisión y mantenimiento.
2. Pérdida de fuente de energía: se solucionará con baterías o células fotovoltaicas
3. El sistema está conectado a través de un módem. En general el módem es muy frágil para este tipo de instalación al aire libre. Es posible que se rompa, pero es muy fácil reemplazarlo.

5. USO DEL PRODUCTO FINAL: LODO SECO O COMPOST

Como se ha dicho anteriormente, es posible orientar el proceso en función del objetivo final de utilización del producto final.

Así se operará el proceso en función secado, primando el proceso de evaporación sobre el de estabilización, cuando el destino final del producto sea su valorización energética (en industria cementera o unidades de co-combustión con carbón, etc.), como es frecuente en Alemania, país de origen y el que tiene mayor número de referencias de esta tecnología.

Alternativamente se operará el proceso en función compostaje, primando el proceso de estabilización sobre el de evaporación, cuando se trate de un uso del producto final agronómico como compost.

Esta versatilidad del proceso y de los productos finales producidos es una de las principales ventajas del sistema sobre los sistemas de tratamiento convencionales.

6. INNOVACIÓN Y VENTAJAS DEL SISTEMA DE COMPOSTAJE SOLAR

El compostaje se puede definir como una degradación biológica aerobia y exotérmica de la materia orgánica, que es útil para el tratamiento de residuos orgánicos y sub-productos.

Esta técnica es ampliamente utilizada en el ambiente rural y urbano, ambos con residuos municipales, deyecciones de ganado y residuos de industrias agro-alimentarias.

El compostaje tiene muchas variantes tecnológicas y procesos patentados, desde tratamientos al aire libre a sistemas cerrados, con reactores estáticos y dinámicos, con aireación natural o forzada, etc.

El lodo de aguas residuales se caracteriza por tener una humedad alta y una relación C/N baja; sin embargo todas las diversas variantes tienen algunas características comunes, por ejemplo:

a) Necesidad de agente bulking para dar estructura al material.

b) Gran acumulación de materiales en pilas o en reactores (vertical, horizontal, etc.) diseñados para funcionar con la prioridad de la elevación de la temperatura por la aerobiosis.

c) Alto consumo de energía para el funcionamiento de sistemas mecánicos pesados y complejos, maquinaria electro-mecánica pesada, transporte y equipos de volteo junto con poderosos sistemas de aire comprimido y unidades de inyección.

Este sistema de compostaje solar proporciona una solución innovadora, pues es una combinación de diversas tecnologías, procesos y efectos para la optimización del coste con la minimización del uso de recursos (principalmente energía), al acortarse el tiempo del proceso y la minimización de los impactos ambientales.

Las características principales de este sistema de compostaje que definen la naturaleza innovadora de esta tecnología son:

1. Al tratarse de un sistema cubierto y cerrado, evita las limitaciones al proceso y los impactos ambientales originados por los lixiviados creados por la lluvia o el proceso.

2. Como proceso cerrado con atmósfera controlada y tratamiento de aire de salida, evita los problemas de calidad de aire y olores en la instalación y sus inmediaciones

3. Evitar la necesidad de agentes bulking dado que el proceso se hace en la capa delgada (25-50 cm).

4. Intensificación del proceso aerobio del compostaje, conseguido con continuos y frecuentes volteos del material, usando el “topo eléctrico”.

5. Simplificar la complejidad del sistema con el uso de un proceso automatizado simplificado con bajos costes de inversión y reducido consumo energético.

6. Utilización de bio-filtros integrados por diversas capas de piedra, de grava, compost de restos vegetales con diferentes estados de maduración. El objetivo es conseguir que el aire que se extrae del invernadero pase a través de él, consiguiendo la eliminación del 95% del olor y del los aerosoles.

7. La fuente de energía principal es renovable.

Hay una cierta sinergia en los efectos combinados en el proceso que son los siguientes:

- Calentamiento del lodo por efecto directo de la radiación solar.
- Calentamiento del lodo por la fermentación aerobia biológica exógena.

- Reducción de la humedad por la evaporación debida el calentamiento del lodo.
- Estabilización del lodo medida a través de los sólidos volátiles por la acción química del oxígeno y la actividad biológica de los microorganismos.
- Higienización como resultado de la relación tiempo-temperatura.
- Higienización como consecuencia de la radiación ultravioleta.
- Higienización como resultado del contacto del oxígeno con la aireación (impacto del oxígeno en organismos patógenos).
- Higienización a través de procesos de competencia biológica, antibiosis, etc.

En este sistema de compostaje solar se combinan los procesos biológicos y químicos con el uso de un control automático y de energía renovable. No obstante las complejidades y la naturaleza innovadora implican el control, la investigación y la caracterización del proceso para definir y optimizar parámetros y desarrollar el software para el control automático de la gestión y de la planta.

Los parámetros básicos que se supervisarán son los siguientes:

- Parámetros externos (tanto en el interior como en el exterior del invernadero), supervisados continuamente:
    - Radiación solar
    - Temperatura del aire
    - Humedad del aire

- Parámetros de tratamiento:
    - Temperatura del material a compostar
    - Humedad del material a compostar
    - Frecuencia de los volteos del material a compostar y proporción del lodo que entra y que sale

- Parámetros de estabilización e higienización:
    - Material orgánico al comienzo y al final del proceso
    - Índice de la destrucción de sólidos volátiles
    - Indicadores microbiológicos de calidad: Salmonella, Clostridium, coliformes totales, coliformes fecales

REFERENCIAS

- 4º Draft, Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on spreading of sludge on land, Bruselas 30 de Abril de 2003.
- Directiva 86/278/CE de 12 de junio de 1986 relativa a la protección del Medio Ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura. Diario Oficial de las Comunidades Europeas Nº L 181/6.
- Directiva 91/271/CE de 21 de mayo de 1991 sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas, Diario Oficial de las Comunidades Europeas Nº L 135/40.
- http://www.thermo-system.com/
- Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. "Estudio de los Mecados del Compost".
- Real Decreto 1310/1990 de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de lodos en el sector agrario. BOE nº 262.